

段落ち部の局所洗掘軽減に及ぼす混合砂の効果に関する研究

愛媛大学工学部 正 員 鈴木 幸一
愛媛大学工学部 正 員 栗原 崇
愛媛大学大学院 学生員○奈尾 賢治
広島県 正 員 森重 宏信

1. はじめに

河川構造物周辺の局所洗掘は、構造物によって誘起される渦などで引き起こされる砂礫移動の場所的变化に起因する急激な河床低下現象である。よって、局所洗掘の軽減は河川構造物維持のためにも期待される。本研究では、河床に砂礫を層状に被覆することで、段落ち直下流部の局所洗掘がどのような特性を示すかを実験的に検討した。

2. 安定な河床の条件¹⁾

粒径dの均一砂の河床表層を、粒径Dの砂で被覆したとき、被覆礫が流送されず長期的に安定する条件は、図-1の記号を用いて式(1)で表され、被覆礫と河床砂の接触領域において河床砂が安定する条件は式(2)で表される。

$$\frac{U_*^2}{s g d} < 0.05 \quad (1), \quad \frac{U_*'^2}{s g d} = \frac{\beta U_*^2}{s g d} < 0.05 \quad (2)$$

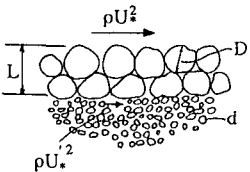


図-1 記号図

ここに、 U_* は被覆表層の摩擦速度、 U_*' は被覆表層下の摩擦速度、 s は砂の水中比重、 g は重力加速度、 β は被覆表層と被覆層下の摩擦速度の減衰率である。 β については被覆層の厚さ L と礫粒径 D の関数とした次式が提案されている。

$$\beta = \exp(-K L / D) \quad (3)$$

ここに、 $K=0.7$ である。

また、洗掘される粒径dの均一な河床砂の表層に粒径Dの礫を被覆した場合、河床砂が被覆層を通過しない条件は λ_A を被覆層の空隙率として式(4)で示される。

$$D/d < 1.55 \lambda_A^{-1/3} \quad (4)$$

ここに、 λ_A は空隙率である。

よって、式(1)の条件のもと、式(2)または式(4)のどちらか一方を満足すれば河床は安定する。

3. 実験概要

河床を安定させるためには、掃流力の減衰率 β を十分小さくしなければならぬ。式(3)によると被覆層が大きい粒径で構成される場合、被覆層厚を大きくしなければならない。しかし、被覆層が小さい粒径であると被覆層厚は小さくできる。そこで、層状被覆層の表層から第i番目の被覆層厚を L_i として図-2のように被覆層の上層から下層へと式(4)を満たすように大きい粒径から準じ並べ、流送されないようにする。被覆層が層状のものと被覆層が粒径の大きいE砂のみの1層でなるものと比較し同じ被覆層厚でも最大洗掘深が軽減されるか、同じ最大洗掘深でも被覆層厚が小さくなるか、またこのような層状をなす被覆層に式(3)が適用できるかについて実験を行った。

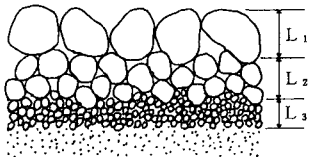


図-2 概念図

表-1 実験条件

単位(cm)						
No.	第1層	第2層	第3層	第4層	河床砂	ΣL
1-1	E(1.6)	D(0.2)			C	1.8
1-2	E(1.6)	D(0.7)			C	2.3
2-1	E(1.6)	D(0.5)			B	2.1
2-2	E(1.6)	D(0.7)			B	2.3
2-3	E(1.6)	D(1.0)			B	2.6
3-1	E(1.6)	D(0.7)			A	2.3
3-2	E(1.6)	D(0.8)			A	2.4
3-3	E(1.6)	D(1.2)			A	2.8
4-1	E(1.6)	D(0.2)	C(0.7)		B	2.5
4-2	E(1.6)	D(0.2)	C(1.0)		B	2.8
5-1	E(1.6)	D(0.2)	C(1.0)		A	2.8
5-2	E(1.6)	D(0.2)	C(1.3)		A	3.1
6-1	E(1.6)	D(0.2)	C(1.0)	B(0.2)	A	3.0

()内は被覆層厚

実験には、全長3.7m、水路幅0.3m、高さ0.5mの鋼製水路を用いた。実験に用いた砂礫は、A砂(平均粒径0.064cm)、B砂(0.185cm)、C砂(0.338cm)、D砂(0.713cm)、E(1.475cm)の5種類である。水理条件は、段落ち落差を10cm、流量を河床表層の被覆礫E砂が洗掘されない限界の流量 $Q=1.0\text{ l/sec}$ 、下流端水深を1.4cmとし潜り噴流が生じるようにした。河床砂と被覆層の組み合わせは表-1に示すとおりである。なお、式(4)からE砂の被覆層に対しD砂は抜け出せない。D砂に対しC砂、C砂に対しB砂についても同様である。以上の実験条件の下で最大洗掘深 Z_{sm} およびその洗掘孔形状についての時間的変化を測定した。

4. 層状被覆砂礫の効果

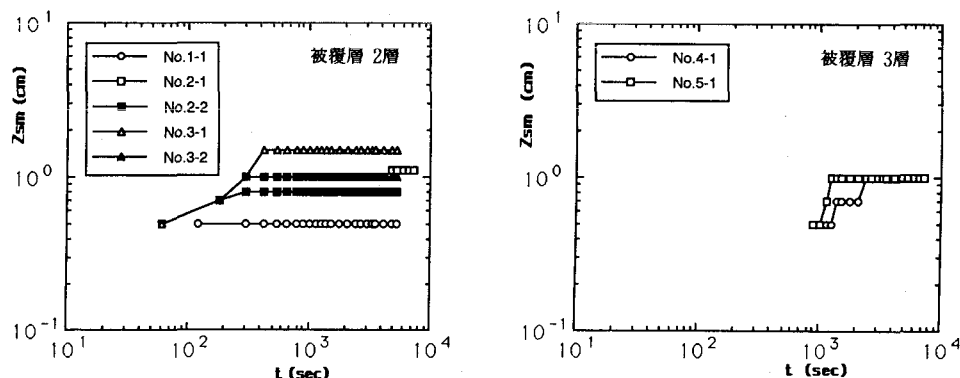


図-3 最大洗掘深の時間的変化

図-3は最大洗掘深の時間的変化を示している。No.1-2, 2-3, 3-3, 4-2, 5-2, 6-1については洗掘は見られなかった。層状被覆層の最下層のみの層厚、河床砂を変化させると、最大洗掘深 Z_{sm} は河床砂粒径が小さいほど、また被覆最下層の層厚が小さいほど大きくなる。図-4は河床砂にA砂を用い、被覆層をE砂のみの1層にしたものと、層状にしたものの最大洗掘深 Z_{sm} と総被覆層厚 ΣL との関係を示した。最大洗掘深はほぼ同様の被覆層厚で被覆層が2層以上の層状の方がかなり小さくなっている。これは、被覆層が流送されず、被覆層の下層の小さい粒径が抜け出せない状態で被覆表層の掃流力が小さい粒径の被覆層を通ることにより大きく減衰したためである。

河床や被覆表層における無次元掃流力が式(5)で表されると仮定すると、式(3)、(5)より河床が洗掘されない場合の被覆層厚を推定することができる。

$$U_*^2 / s g d \approx 0.05$$

(5) 図-4 総被覆層厚と最大洗掘深の関係

No.1, 2, 3の被覆層の第2層 L_2 について推定を行った。その結果No.1で0.7cm、No.2で1.3cm、No.3で2.4cmとなる。これらを実験値と比較すると吸い出しの起こらないNo.1ではよい結果が得られたが、吸い出しの起こるNo.2,3では推定値の方がかなり大きくなった。

5. おわりに

被覆の表層が洗掘されない条件で、被覆層を層状にし、かつ表層から大きい粒径から小さい粒径へと並べることにより小さい被覆層厚でも最大洗掘深がかなり小さくなった。式(4)が考慮されていなかったため、今後、式(4)を考慮しつつ式(3)を検討しなければならない。

参考文献：

- 1) 鈴木,他：礫護床による段落ち直下流部の洗掘防止,第47回年次学術講演会講演概要集,pp.138~139,1992.